

## ZDRAVIU PROSPEŠNÝ ASPEKT MAKOVÉHO OLEJA S OHĽADOM NA POLYNENASÝTENÉ MASTNÉ KYSELINY

### HEALTH BENEFICIAL ASPECT OF POPPY SEED OIL WITH RESPECT ON POLYUNSATURATED FATTY ACIDS

Hlinková Andrea<sup>1,2</sup>, Havrlentová Michaela<sup>2</sup>, Čertík Milan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Katedra biotechnológií, Fakulta prírodných vied, UCM Trnava, <sup>2</sup> Centrum výskumu rastlinnej výroby – Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, <sup>3</sup> Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, STU Bratislava

#### Summary

Poppy seed and its oil are a rich source of polyunsaturated fatty acids, protecting against cardiovascular diseases and heart attacks. Poppy seed contained approximately 50% of oil, which make a good source of nutrition and health food. Lipid content and fatty acids composition in eight varieties (listed on the Slovak Register of varieties) cultivated in Research and Breeding station in Malý Šariš (Slovakia) were measured. Lipid content ranged from 45 % (white-seeded variety Albín) to 51.2 % (Bergam). Dominant fatty acids in all samples were linoleic, oleic and palmitic acids. As minor fatty acids were present in oil myristic, palmoleic, *alpha*-linolenic, arachidic, gadoleic and eicosadienoic acids. The highest level of linoleic acid (67 %) and unsaturation index (1.52) too contained variety Bergam. Highest value of oleic/linoleic acids ratio (0.3) was detected in variety Malsar.

**Key words:** lipid, fatty acid, poppy, oil

#### ÚVOD

Makový olej je mnohoúčelová potravina využívaná v ľudskej výžive z dôvodu jeho jedinečnej chuti a vône. Makový olej má upokojujúce účinky na psychiku a má podobné vlastnosti ako ľanový olej. Vyznačuje sa vysokým obsahom vápnika a horčička, preto sa odporúča pri zlej kvalite vlasov, nechťov a pri liečbe osteoporózy. Regeneruje a hydratuje pokožku so sklonom k popraskaniu, uvoľňuje kŕče a tlmí bolesti hlavy. Nakoľko má vynikajúcu chuť, odporúča sa využívať pri príprave studených jedál.

V súčasnej dobe reprezentujú nasýtené tuky a cholesterol najviac uznávaný rizikový faktor v našej strave, zatiaľ čo monoénny a polynenasýtené mastné kyseliny (PUFA) sú pravdepodobne najdôležitejšie zložky našej stravy, ktoré by mohli pri zvýšenom príjme poskytnúť pozitívne účinky na naše zdravie. Obsah oleja v makovom semene sa vo všeobecnosti udáva v množstve 50 % (Singh et al., 1990). Toto percento sa však mení v závislosti od typu odrody a farby semena (Eklund a Agree, 1975). Özcan a Atalay (2006) poukazujú, že obsah oleja v semene maku je v rozpätí od 32,4 - 45,5 %. Podobne i Bozan a Temelli (2008) potvrdzujú vyšší obsah oleja v makovom semene (50 %) v porovnaní s ľanom (33,6 %) a svetlicou (27,5 %).

Čoraz väčšiu pozornosť priťahujú u vedcov a výskumníkov, taktiež u odborníkov na výživu a širokej verejnosti mastné kyseliny. Kyselina linolová a *alfa*-linolénová sú esenciálne mastné kyseliny, ktoré nemôžu byť syntetizované živočíšnym a ľudským organizmom a preto musia byť získané z primárnych potravinových zdrojov (Kris-Etherton et al., 2000).

*Omega-3* mastné kyseliny, ako základné živiny, môžu priaznivo ovplyvňovať vznik alebo priebeh mnohých chorôb. Majú pozitívny vplyv na aterosklerózu, ischemickú chorobu srdca, zápalové ochorenia, a pravdepodobne i na poruchy správania (Connor, 2000). Polynenasýtené kyseliny ( $\omega$ -3) majú protizápalový účinok, nakoľko znižujú produkciu zápalových cytokínov a adhézných molekúl. Účinkujú priamo a to výmenou kyseliny arachidónovej ako substrátu, inhibíciou metabolizmu kyseliny arachidónovej a protizápalovou

reakciou. Nepriamo pôsobia zmenou exprese génov zápalového procesu prostredníctvom vplyvu na transkripčný faktor aktivácie. Možné terapeutické ciele  $\omega$ -3 mastných kyselín sú ochorenia ako reumatoidná artritída, Crohnova choroba, vredovitá kolitída, cystická fibróza, astma, cukrovka I. typu, alergické choroby, obštrukčná choroba pľúc, psorióza, skleróza multiplex, ateroskleróza, akútne kardiovaskulárne prípady, trauma a lupus (Abbate et al., 1996, Calder, 2001, Calder, 2003).

Kyselina linolová, ktorá je dominantnou mastnou kyselinou v makovom oleji, je  $\omega$ -6 esenciálna mastná kyselina, ktorá tvorí lipidovú zložku všetkých bunkových membrán v tele. Jej nedostatok sa prejavuje symptómami ako padanie vlasov a zlé hojenie rán. Na druhej strane, medzi poruchy vyvolané nadbytkom  $\omega$ -6 mastných kyselín, patrí depresia, prírastok hmotnosti, obezita, poruchy spánku, artritída a nádor prsníka. Veľmi významným izomérom tejto kyseliny je konjugovaná kyselina linolová (CLA), ktorá predstavuje zmes asi 52 doteraz popísaných konjugátov kyseliny linolovej. Okrem vplyvu na karcinogenézu boli postupne opísané aj ďalšie pozitívne účinky CLA. Najmä vplyv na metabolizmus tukov, čo umožnilo používanie CLA v komerčných prípravkoch na redukciju hmotnosti. Okrem toho je známy aj jej antiaterogénny, antitrombotický a antidiabetický účinok, ovplyvňuje aj hladinu glukózy v krvi, zmierňuje imunitnú odpoveď organizmu a zúčastňuje sa aj na stavbe kostí. Za tieto účinky však nie sú zodpovedné všetky CLA izoméry. Za biologicky aktívne sa považujú dva CLA-izoméry, a to *cis*-9, *trans*-11 izomér (c9, t11-CLA) a *trans*-10, *cis*-12 izomér (t10, c12-CLA).

Biosyntéza mastných kyselín v rastlinách je veľmi komplexný proces zahŕňajúci veľké množstvo enzýmov zapojených do viacerých biochemických dráh. Všetky rastliny produkujú mastné kyseliny prostredníctvom enzýmového komplexu syntetázy mastných kyselín, kde ako východzie metabolity sú acetyl-CoA a malonyl-CoA. Polynenasýtené mastné kyseliny sú syntetizované vo vyšších rastlinách oboma, prokaryotickými (chloroplast) i eukaryotickými (endoplazmatické retikulum) dráhami (Roughan et al., 1980, Browse et al., 1986). Syntéza 18C mastných kyselín prebieha v bunkovom matrixe a vyžaduje prítomnosť NADPH ako esenciálneho donora vodíka pochádzajúceho z pentózo-fosfátového cyklu. Biosyntéza mastných kyselín je spojená vo všeobecnosti s dvoma typmi enzýmov. Desaturázy sú enzýmy, ktoré sú špecifické pre zavedenie dvojitej väzby medzi špecifické uhlíkové atómy acylov (Shanklin and Somerville, 1991). Na druhej strane elongázy predlžujú uhlíkový reťazec mastnej kyseliny. V ľudskom organizme sú kyselina linolová ( $\omega$ -6) a *alfa*-linolénová ( $\omega$ -3) metabolizované enzýmom  $\Delta$ 6-desaturáza na ich nenasýtenejšie deriváty. Za posledných 150 rokov narástol príjem  $\omega$ -6 a poklesol príjem  $\omega$ -3 zároveň, čo sa prejavilo vyšším výskytom srdcových ochorení. V literatúre sú popísané viaceré "ideálne" pomery  $\omega$ -6 a  $\omega$ -3 mastných kyselín v strave (Simopoulos, 2008), avšak pomer, ktorým možno dosiahnuť zníženie rizika srdcových ochorení, dosiaľ nebol zistený. Naproti tomu sa mnohí odborníci zhodujú na skutočnosti, že pomer  $\omega$ -6 a  $\omega$ -3 nie je až taký dôležitý ale rozhodujúce sú absolútne hladiny príjmu daných mastných kyselín (Stanley et al., 2007).

Dominantné kyseliny v makovom oleji sú olejová (C18:1, n-9) a linolová (C18:2, n-6). Nergiz a Ötles (1994) poukazujú, že kilogram oleja z maku obsahuje 891 g nenasýtených a 108 g nasýtených mastných kyselín, pričom olej obsahuje 50-60 % kyseliny linolovej, 30 % kyseliny olejovej, 6-9 % kyseliny palmitovej. Ako minoritné mastné kyseliny v oleji maku sú kyseliny stearová a *alfa*-linolénová. Jeden z mnohých problémov v potravinárskom priemysle je pokles nutričnej hodnoty, životnosti a nevhodnej horkej chuti dôsledkom tuchnutosti oleja. V dôsledku vysokého obsahu nenasýtených tukov sú makové semená a produkty z nich vyrobené veľmi náchylné k autooxidácii a to hlavne v prípade, že je semeno poškodené počas zberu. Tieto poškodenia uvoľňujú olej na povrch semena, pričom dochádza k degradácii mastných kyselín a tvorbe prchavých oxidovaných látok. V dôsledku týchto procesov sa

veľmi rýchlo degraduje farba aj chuť (Frankel, 1998) maku. Preto sú v prípade maku veľmi potrebné špeciálne podmienky zberu a uskladnenia.

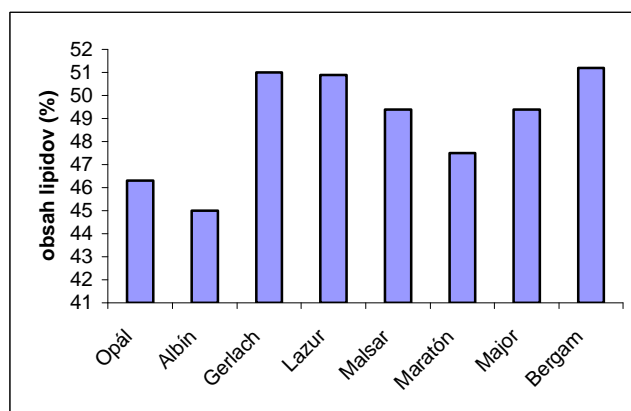
Cieľom predkladanej práce bolo posúdiť obsah lipidov a zloženie mastných kyselín v semenách maku siateho registrovaného v Listine registrovaných odrôd Slovenskej republiky s ohľadom na polynenasýtené mastné kyseliny, ktoré sa vyznačujú preukazným zdravím prospešným efektom v organizme.

## MATERIÁL A METÓDY

Použitým materiálom bolo osem odrôd maku siateho zapísaných v Listine registrovaných odrôd Slovenskej republiky, ktorých majiteľom je Výskumný ústav rastlinnej výroby – Výskumno-šľachtiteľská stanica Malý Šariš. 7 odrôd je slovenského pôvodu (Opál, Albín, Major, Malsar, Bergam, Gerlach, Maratón) a odroda Lazur je poľskou odrodou. Odrody boli vysiate na jednej lokalite (VŠS, Malý Šariš) v roku 2007. Obsah oleja bol stanovený metódou extrakcie soxhletom n-hexánového typu (ČSN 46 1011). Z lipidov vyextrahovaných zo vzorky extrakčným činidlom boli pripravené metylestery mastných kyselín podľa Christophersona a Glassa (1969). Metylestery mastných kyselín sa následne analyzovali plynovým chromatografom GC-6890 N (Agilent Technologies) podľa Ješka a Čertíka (2008). Záznamy boli vyhodnotené pomocou ChemStation 10.1 (Agilent Technologies) a kvantifikované na základe retenčných časov známych štandardov mastných kyselín (Sigma, USA). Vypočítaný bol index nenasýtenia mastných kyselín IU ( $\Sigma$ monoméry +  $2\Sigma$ diény +  $3\Sigma$ triény)/100 (Čertík, Šajbidor, 1996) a pomer kyselín olejovej ku linolovej.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Celkový obsah lipidov analyzovaných semien je znázornený na obr. 1. Obsah lipidov bol v rozpätí od 45 % do 51,2 %. Odroda Bergam obsahovala spomedzi všetkých odrôd najvyšší obsah lipidov (51,2 %), nasledoval Gerlach (51 %), Lazur (50,9 %), Major (49,4 %), Malsar (49,4 %), Maratón (47,5 %), Opál (46,3 %) a Albín (45 %). Naše výsledky indikujú, že biela odroda Albín obsahovala najnižší obsah lipidov (45 %). Všeobecne sa však uvádza obsah lipidov okolo 50 % (Singh et al., 1990).

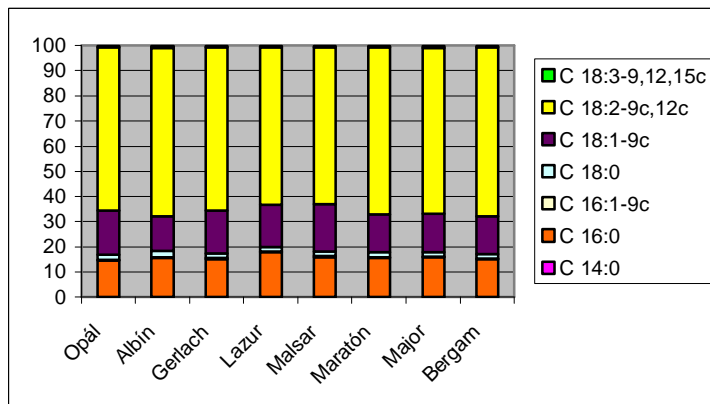


**Obr. 1 Celkový obsah lipidov (%) v analyzovaných odrodách maku**

Naše výsledky naznačujú, že obsah lipidov bol ovplyvnený farbou semena, i keď nemožno vyvodit' jednoznačný záver, nakoľko sme v práci použili len jednu bielosemennú odrodu. Naše výsledky nie sú v zhode s výsledkami autorov Eklund a Agreen (1975), ktorí dokumentujú, že bielosemenné odrody sa vyznačujú vyššou hladinou lipidov (40 %)

v porovnaní s modrosemennými (33 %). Naše výsledky poukazujú na jednej strane podobnú hodnotu lipidov pri bielosemennej odrode (45 %), avšak modrosemenné odrody sa vyznačovali vyššími hladinami lipidov.

Zloženie mastných kyselín v oleji jednotlivých vzoriek maku je znázornené na obr. 2. Kyselina linolová (18:2) bola dominantnou kyselinou vo všetkých vzorkách makového oleja. Ostatné dominantné mastné kyseliny v makovom oleji odrôd registrovaných na Slovensku boli kyseliny palmitová (16:0), stearová (18:0) a olejová (18:1). Ako minoritné mastné kyseliny boli zastúpené kyseliny myristová (14:0), palmolejová (16:1), *alfa*-linolénová (18:3-9,12,15c), arachidová (20:0), gadolejová (20:1) a eikozadiénová (20:2) (obr. 2).



Obr. 2 Profil mastných kyselín v analyzovaných odrodách maku

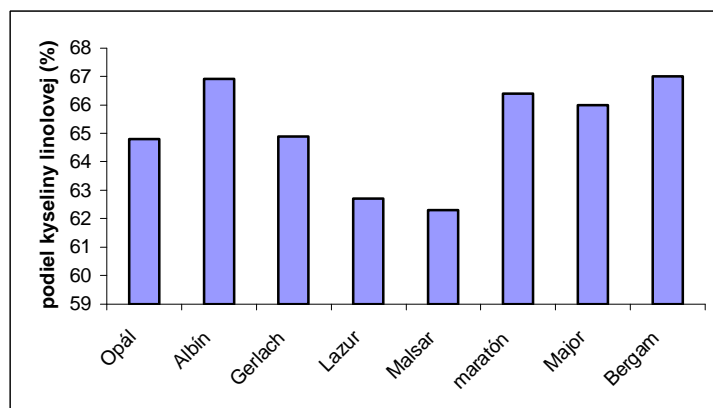
Podiel kyseliny linolovej v odrodách maku je znázornený na obr. 3. Odroda Bergam obsahovala najvyššiu hladinu kyseliny linolovej (67 %), odroda Albín obsahovala hladinu danej kyseliny len o 0,1 % nižšiu, t.j 66,9 %. Hladina danej kyseliny bola podobná v odrodách Major (66 %) a Maratón (66,4 %). Nižšiu hladinu danej kyseliny obsahovali odrody Opál (64,8 %) a Gerlach (64,9 %). Nasledovala odroda Lazur s hodnotou 62,7 %. Najnižší podiel kyseliny linolovej predstavuje odroda Malsar (62,3 %).

V analyzovaných vzorkách varíoval obsah kyseliny palmitovej v rozpätí od 14,4 % do 17,7 %. Najvyššiu hladinu danej kyseliny obsahovala odroda Lazur a najnižšou sa vyznačovala odroda Opál. Odroda Gerlach obsahovala 15 % danej kyseliny a odroda Bergam hladinu taktiež len o 0,1 % nižšiu a to 14,9 %. Obsah kyseliny palmitovej v ostatných vzorkách oleja bol pomerne podobný: 15,4 % (Albín) – 15,7 % (Major) – 15,8 % (Malsar) – 15,3 % (Maratón).

Najnižšiu hladinu kyseliny olejovej obsahovala odroda Albín (13,8 %), nasledoval Maratón, Major a Bergam (15,1 %). Najvyššiu hladinu kyseliny olejovej obsahovala odroda Malsar (18,8 %). Pomerne vysoké hodnoty obsahovali i odrody Opál (17,5 %), Gerlach (17 %) and Lazur (16,7 %).

Hladiny kyseliny stearovej boli v rozmedzí od 1,7 % (Bergam) do 2,5 % (Albín). Kyselina palmolejová bola minoritnou mastnou kyselinou s priemernou hodnotou 0,35 %. Kyselina myristová mala priemernú hodnotu 0,14 %, *alfa*-linolénová 0,6 % v priemere. Hodnoty kyselín arachidovej, gadolejovej a eikozadiénovej boli menej než 0,1 %, t.z že sme detegovali len stopy týchto mastných kyselín.

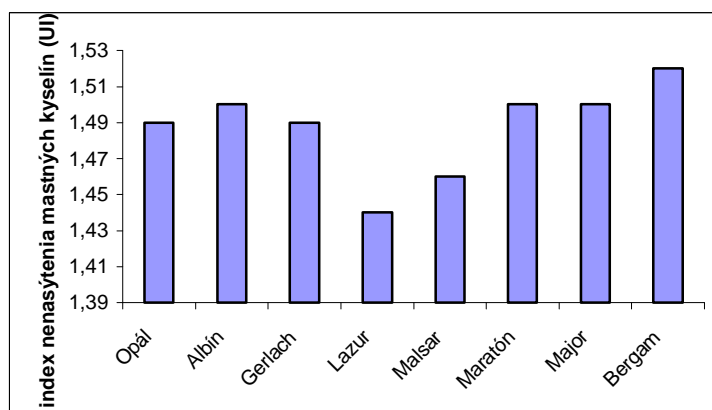
Naše výsledky sú zhodné s výsledkami Bezákovej et al. (1994), ktorí hodnotili celkový obsah lipidov, profil mastných kyselín a aktivitu lipoxygenázy v sadenicích maku siateho počas vývoja. Ich výsledky naznačujú, že kyselina linolová bola dominantnou mastnou kyselinou a obsah nasýtených kyselín bol menší než nenasýtených. Erinc et al. (2009) zistili najvyšší obsah kyseliny linolovej, olejovej a palmitovej v oleji maku.



**Obr. 3 Podiel kyseliny linolovej v analyzovaných odrodách maku**

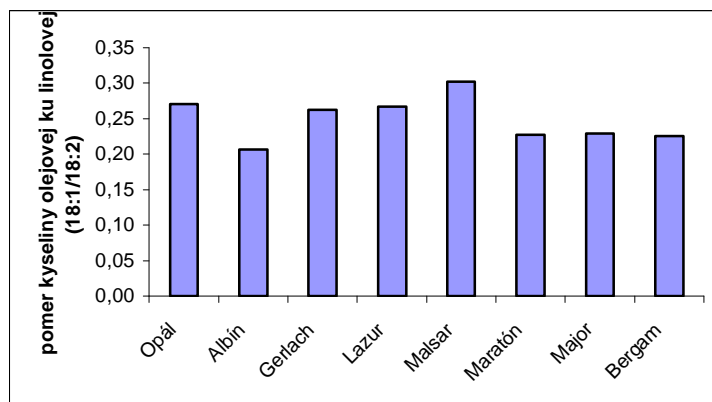
Azcan et al. (2004) dokázali, že v najvyššom množstve olej maku obsahuje kyselinu linolovú (56,4-69,2 %), olejovú v množstve 16,1-19,4 % a kyselinu palmitovú 10,6-16,3 % a veľmi malé množstvo kyseliny stearovej a linolénovej. Obsahy daných kyselín však výrazne záviseli na pôvode odrody a farbe semena. Makové semeno môže byť vhodnou surovinou pre potravinársky priemysel práve z dôvodu vysokého obsahu kyseliny linolovej a nízkeho obsahu kyseliny linolénovej, nakoľko kyselina linolénová je nežiadúca z dôvodu jej autooxidácie. Autori Azcan et al. (2004) zistili v tureckých makoch najnižšie množstvo kyselín stearovej a linolénovej, kyselina linolová bola prítomná v najvyššom množstve (56,4-69,2 %), podobne dominantné boli kyseliny olejová (16,1-24,7 %) a palmitová (10-13 %). Čo sa týka profilu mastných kyselín, naše výsledky sú zhodné so všetkými vyššie spomínanými autormi, nakoľko dominantnými mastnými kyselinami v odrodách registrovaných na Slovensku boli kyseliny linolová, palmitová a olejová. Ako minoritné boli kyseliny stearová, palmolejová, *alfa*-linolénová a myristová. Stopové množstvá predstavovali kyseliny arachidová, gadolejová a eikozadiénová.

Index nenasýtenia mastných kyselín v daných odrodách je znázornený na obr. 4. Zistili sme, že najvyšší index nenasýtenia predstavovala odroda Bergam (1,52). Táto odroda sa vyznačovala i najvyšším obsahom lipidov i kyseliny linolovej. Odrody Albin, Maratón a Major mali rovnakú hodnotu daného indexu a to 1,5. Nižšiu hodnotu indexu nenasýtenia predstavujú odrody Opál a Gerlach (1,49). Nasleduje odroda Malsar (1,46) a najnižšiu hodnotu indexu nenasýtenia predstavovala odroda Lazur (1,44). Na základe nízkeho podielu kyseliny linolovej (obr. 3), predstavujú tieto dve odrody i najnižšiu hodnotu indexu nenasýtenia.



**Obr. 4 Index nenasýtenia mastných kyselín v analyzovaných odrodách maku**

Obr. 5 zobrazuje pomer kyseliny olejovej ku linolovej. Najvyšší pomer (0,3) reprezentuje odroda Malsar, charakteristická najvyšším podielom kyseliny olejovej. Hodnota pomeru v odrodách Opál a Lazur bola rovnaká (0,27), menšiu hodnotu sme zaznamenali v prípade odrody Gerlach (0,26). Odrody Maratón, Major a Bergam predstavovali rovnakú hodnotu tohto pomeru (0,23). Najnižší pomer bol zaznamenaný pri bielosemnej odrode Albín (0,21).



Obr. 5 Pomer kyseliny olejovej ku linolovej (18:1/18:2) v analyzovaných odrodách maku

## ZÁVER

Obsah lipidov v ôsmich odrodách registrovaných na Slovensku bol v rozmedzí od 45 % (Albín) do 51,2 % (Bergam). Profil mastných kyselín bol kvalitatívne rovnaký pri všetkých odrodách. Dominantnou mastnou kyselinou bola kyselina linolová (18:2). Najvyššou hladinou danej kyseliny sa vyznačovala odroda Bergam (51,2 %), ktorá mala i najvyšší index nenasýtenia (1,52). Ďalšie dominantné mastné kyseliny boli kyseliny olejová a palmitová. Ako minoritné mastné kyseliny boli v oleji maku prítomné kyseliny myristová, stearová, *alfa*-linolénová, arachidová, gadolejová a eikozadiénová. Odroda Malsar, ktorá obsahovala najvyššiu hladinu kyseliny olejovej, sa vyznačovala najvyššou hodnotou pomeru kyseliny olejovej ku linolovej (18:1/18:2).

**Pod'akovanie:** Autori ďakujú Výskumno-šľachtiteľskej stanici Malý Šariš za poskytnutie rastlinného materiálu a rezortnej úlohe VaV "BIFUGEN" z fondov MPRV SR, grantom VEGA č. 1/0747/08 a APVV-0248-10 za finančnú podporu.

## LITERATÚRA

1. ABBATE, R., GORI, A.M., MARTINI, F. et al. 1996. N-3 PUFA supplementation, monocyte PCA expression and interleukin-6 production. In *Prost. Leuk. Essent. Fatty Acids*, vol. 54, 1996, no. 6, p. 439-444.
2. AZCAN, N., ÖZTURK, K.B., KARA, M. 2004. Investigation of Turkish Poppy seeds and seed oils. In *Chem. Natur. Comp*, vol. 40, 2004, no. 4, p. 322-324.
3. BEZÁKOVÁ, L., MISTRÍK, I. 1994. Lipids, fatty acids and lipoxygenase activity in developing poppy seedlings, *Papaver somniferum*. In *Biologia Ser.C*, vol. 49, 1994, no. 3, p. 339-345.
4. BOZAN, B., TEMELLI, F. 2008. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. In *Biores. Technol.*, vol. 99, 2008, no. 14, p. 6354-6359.

5. BROWSE, J., WARWICK, N., SOMERVILLE, C.R. et al. 1986. Fluxes through the prokaryotic and the eukaryotic pathways of lipid synthesis in the 16:3 plant *Arabidopsis thaliana*. In *Biochem. Journal*, vol. 235, 1986, no. 1, p. 25-31.
6. CALDER, P.C. 2001. Polyunsaturated fatty acids, inflammation and immunity. In *Lipids*, vol. 36, 2001, no. 3, p. 1007-1024.
7. CALDER, P.C. 2003. N-3 polyunsaturated fatty acids and inflammation : from molecular biology to the clinic. In *Lipids*, vol. 438, 2003, no. 4, p. 342-352.
8. CONNOR, W.E. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. In *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 71, 2000, no. 1, p. 1715-1755.
9. ČERTÍK, M., ŠAJBIDOR, J. 1996. Variability of fatty acid composition in strains *Mucor* and *Rhizopus* and its dependence on the submerged and surface growth. In *Microbios.*, vol. 85, 1996, no. 344, p. 151-160.
10. JEŠKO, D., ČERTÍK, M. 2008. Genotype variability of fatty acids in cereal grains. In *Chem. Listy*, vol. 102, 2008, Special issue 15, p. 675-677.
11. EKLUND, A., AGREEN, G. 1975. Nutritive value of poppy seed protein. In *J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 52, 1975, no. 6, p. 188-190.
12. ERINC, H., TEKIN, A., OZCAN, M.M. 2009. Determination of fatty acid, tocopherol and phytosterol contents of the oils of various poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds. In *Grasas y Aceites.*, vol. 60, 2009, no. 4, p. 375-381.
13. FRANKEL, F.N. 1998. Methods to determine the extent of oxidation. In *Lipid Oxidation*. Ed. E. N. Frankel, AOCS Press, Champaign, IL (USA), 1998, p. 79-98.
14. CHRISTOPHERSON, S.W., GLASS, R.L. 1969. Preparation of milk fat methyl esters by alcoholysis in an essentially nonalcoholic solution. In *J. Dairy Sci.*, vol. 52, 1969, no. 8, p. 1289-1290.
15. KRIS-ETHERTON, P.M., TAYLOR, D.S., YU-POTH, S. et al. 2000. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. In *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 71, 2000, no. 1, p. 179-188.
16. NERGIZ, C., ÖTLES, S. 1994. The proximate composition and some minor constituents of poppy seeds. In *J. Sci. Food Agricult.*, vol. 66, 1994, no. 2, p. 17-120
17. ÖZCAN, M.M., ATALAY, C. 2006. Determination of seed and oil properties of some poppy (*Papaver somniferum* L.) varieties. In *Grasas y Aceites.*, vol. 57, 2006, no. 2, p. 169-174.
18. ROUGHAN, P.G., HOLLAND, R., SLACK, C.R. 1980. The role of chloroplasts and microsomal fractions in polar lipid synthesis from [1-<sup>14</sup>C] acetate by cell-free preparations from spinach (*Spinacia oleracea*) leaves. In *Biochem J.*, vol. 188, 1980, no. 1, p. 17-24.
19. SHANKLIN, J., SOMERVILLE, C. 1991. Stearoyl-acyl - carrier - protein desaturase from higher plants is structurally unrelated to the animal and fungal homologs. In *Proc. Natl. Acad. Sci.*, USA, vol. 88, 1991, no. 6, p. 2510-2514.
20. SIMOPOULOS, A. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. In *Experimental Biology and Medicine*. Published online 11 April 2008. DOI:10.3181/0711-MR-311.
21. SINGH, S.P., KHANNA, K.R., DIXIT, B.S. et al. 1990. Fatty acid composition of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seed oil. In *Ind. J. Agricult. Sci.*, vol. 60, 1990, no. 6, p. 358-359.
22. STANLEY, J.C., ELSOM, R.L., CALDER, P.C. et al. 2007. UK Food Standards Agency Workshop Report: the effects of the dietary n-6:n-3 fatty acid ratio on cardiovascular health. In *British Journal of Nutrition*, vol. 98, 2007, no. 6, p. 1305-1310.
23. UNTORO, J., SCHULTINK, W., WEST, C.E. et al. 2006. Efficacy of oral iodized poppy seed oil among Indonesian schoolchildren. In *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 84, 2006, no. 5, p. 1208-1214.

**Kontaktná adresa:**

RNDr. Andrea Hlinková, Katedra biotechnológií, FPV UCM Trnava, Nám. J. Herdu 2, 91701 Trnava, e-mail: [a.hlinkova@centrum.sk](mailto:a.hlinkova@centrum.sk), [hlinkova@vurv.sk](mailto:hlinkova@vurv.sk)